



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS II – AREIA - PB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
COORDENAÇÃO DE AGRONOMIA**

**ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE *Ceratitis capitata* (DIPTERA:
TEPHRITIDAE)**

**AREIA – PB
FEVEREIRO DE 2020**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS II – AREIA - PB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
COORDENAÇÃO DE AGRONOMIA**

**ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE *Ceratitis capitata* (DIPTERA:
TEPHRITIDAE)**

PAULO HENRIQUE DE ALMEIDA CARTAXO

**AREIA – PB
FEVEREIRO DE 2020**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C3226 Cartaxo, Paulo Henrique de Almeida.

Óleos essenciais no controle de *Ceratitis capitata*
(Diptera: Tephritidae) / Paulo Henrique de Almeida
Cartaxo. - Areia, 2020.

34 f. : il.

Orientação: Gleidyane Novais Lopes Mielezrski.
Monografia (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Inseticida natural. 2. Mosca-das-frutas do
Mediterrâneo. 3. Controle alternativo. I. Mielezrski,
Gleidyane Novais Lopes. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

PAULO HENRIQUE DE ALMEIDA CARTAXO

**ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE *Ceratitis capitata* (DIPTERA:
TEPHRITIDAE)**

Trabalho de Graduação apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia do
Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal da Paraíba, em
cumprimento às exigências para a
obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Orientadora: Profa. Dra. Gleidyane Novais Lopes Mielezrski

**AREIA – PB
FEVEREIRO DE 2020**

PAULO HENRIQUE DE ALMEIDA CARTAXO

**ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE *Ceratitis capitata* (DIPTERA:
TEPHRITIDAE)**

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Gleidyane Novais Lopes Mielezrski - Orientadora
DFCA/CCA/UFPB



Eng. Agr. MSc. João Paulo de Oliveira Santos – Examinador
Doutorando em Agronomia - UFPB



Eng. Agr. MSc. Kennedy Santos Gonzaga – Examinador
Doutorando em Agronomia - UFPB

“As noites mais sombrias produzem as estrelas mais brilhantes”

Autor desconhecido

DEDICATÓRIA

A Deus,

A meus pais

E a todos aqueles que

de alguma forma

contribuíram para

a minha formação

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela dádiva da vida, concedendo-me saúde e fé.

À cidade de Areia-PB, à Universidade Federal da Paraíba, ao Centro de Ciências Agrárias e ao curso de Agronomia, pela oportunidade.

Ao meu núcleo familiar, por serem sempre minha base e refúgio em todos os momentos, bons e ruins. Mailson (Pai), Maria José (Mãe), Arthur e Augusto (Irmãos), Katiana e Amanda (Cunhadas), Ana Beatriz, Sarah e Ana Julia (Sobrinhas). Amo muito vocês!

À toda a minha família, paterna e materna. Avôs e Avós, Tios e Tias, Primos e primas, Padrinho e madrinha, e aos Agregados (as) também. Todavia, queria agradecer de forma especial aos primos mais sem futuros e farristas desse Brasil (kkkk): Mateus “Zé Cocô”, Felipe “Canibal”, Luquinha “Arroto”, Victor “Gago”, João Paulo “Gordo”.

Aos amigos de Boa Vista e Campina Grande que ao decorrer desses 23 anos de jornada tive a satisfação de conhecer. No entanto, queria agradecer à Bertrand, Carpe, Patrick, Luan Borborema, Mila, Léo, Kayo, Messin, Augusto, Denilson, João Antonio, Guilherme, Matheus Dantas, Libânio.

Aos colegas de sala e curso, meu muito obrigado. Em especial à Dani “Mongó”, Izaias “Mangote”, Mauricio “Suave”, Baiano (Vitor sem “c”, sou eu professora), André (Quando precisa de mim), Vitinho (Cianobactéria, Tainá), Ravelly (Pablo Vittar), PriShow, Felipinho, MariShow, Leidinha, Caruso, PC, Letshow “Caxziqe”, Brunin “Balde de Dja...”, Diegão, Matheus Mendes. A todos os parceiros de bloco e de quarto que já morei: Haile, Diniz, Tayron, Jardel, Alan, Eterno Ulisses (que Deus o tenha em um bom lugar) e **MEU PARCEIRÃO** Allisson Duarte, desejo primeiramente que você termine o curso (azilado), e depois muitas felicidades, sucesso, força, etc.; tu sabe o quanto que só quero teu bem, obrigado por tudo. Queria agradecer também a algumas pessoas que fizeram e ainda fazem parte da minha história no CCA, são eles: Gabriela Cavalcanti, Laíla, Júlia, Ronald, Harlan, Wendel, Maciel “Manzi”, Fechoso, Raiff, Lucas “Latino” (Grande irmão), Silvio, Fernando, Vitória, Ana Júlia, Ewerton, Haylla, Thomas, Elisandra, Nohanna, Lays, Larissa Dias.

Ao PET e ao LEN, essa grande e divertida **FAMÍLIA**, podendo destacar: Professor Jacinto, Heloísa, Dênis, Walber, Uanderson, Givaldo, Milleny, Robério, Gemerson, Inara, Taynne, Rosângela, Nilmara, Leylson, Emanuel, Murilo, Rayan, Isabel.

A todos os meus orientadores, em especial: Jacinto de Luna Batista e Gleidyane Novais Lopes Mielezrski pela confiança, amizade e ensinamentos.

A minha banca do TCC. Kennedy, obrigado pelos ensinamentos, puxões de orelhas, conselhos, etc., assim como ter me apresentado um dos grandes amores da minha vida, a “Entomologia”. João Paulo, todos os agradecimentos que eu pudesse te dar aqui, ainda seriam poucos. Mas enfim né, os últimos sempre são os melhores parceiro. Muito obrigado por tudo irmão, você sempre foi um verdadeiro amigo, nas vezes que sempre precisava de ajuda, lá estava você pronto a ajudar e incentivar. Agradeço todos os dias a Deus por ter tua amizade, e também peço ao mesmo que possa te abençoar sempre e prolongar teus anos de vida, você merece isso e muito mais. Obrigado pelas ajudas na vida acadêmica e ter paciência comigo por que sou bem retardado para essas coisas, por ter contribuído de forma positiva como cidadão, por tudo mesmo.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram de forma direta e indireta na minha formação.

Obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELA.....	i
LISTA DE FIGURAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
5. RESULTADOS	19
5.1 Mortalidade pupal e emergência de adultos	19
5.2 Mortalidade das larvas	22
5.3 Mortalidade pupal e emergência de adultos a partir das larvas pré-tratadas. ..	22
6. DISCUSSÃO.....	25
7. CONCLUSÕES.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Dieta artificial para o desenvolvimento larval de <i>Ceratitis capitata</i>	18
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. DL ₅₀ e Mortalidade de pupas de <i>C. capitata</i> tratadas com diferentes concentrações do óleo de Eucalipto.....	20
Figura 2. DL ₇₅ e Mortalidade de pupas de <i>C. capitata</i> tratadas com diferentes concentrações do óleo de Andiroba.....	20
Figura 3. Emergência de indivíduos fêmeas de <i>C. capitata</i> tratadas a partir de diferentes concentrações do óleo de Andiroba.....	21
Figura 4. Emergência de indivíduos fêmeas e machos de <i>C. capitata</i> tratadas a partir de diferentes concentrações do óleo de Eucalipto.....	21
Figura 5. Mortalidade das Larvas de <i>C. capitata</i> tratadas no 3º instar com diferentes concentrações de óleos de Andiroba, Citronela e Eucalipto em função do tempo.....	22
Figura 6. Mortalidade das pupas de <i>C. capitata</i> a partir das larvas pré-tratadas com diferentes concentrações dos óleos de Andiroba, Citronela e Eucalipto.....	23
Figura 7. Emergência de insetos fêmeas de <i>C. capitata</i> a partir das larvas pré-tratadas com diferentes concentrações dos óleos de Andiroba, Citronela e Eucalipto	24
Figura 8. Emergência de insetos machos de <i>C. capitata</i> a partir das larvas pré-tratadas com diferentes concentrações dos óleos de Andiroba, Citronela e Eucalipto	24

CARTAXO, Paulo Henrique de Almeida. **Óleos essenciais no controle de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)**. Areia – PB, 2020. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, no entanto, algumas pragas, como *Ceratitis capitata*, são responsáveis por grandes danos econômicos à fruticultura nacional. Nesse sentido e diante da necessidade do desenvolvimento de estratégias sustentáveis de controle de *C. capitata*, o estudo do potencial inseticida de óleos essenciais tem ganhado destaque a nível mundial. Assim, o presente estudo objetivou avaliar a eficiência de óleos essenciais de andiroba, citronela e eucalipto na mortalidade e emergência de *C. capitata* em dois estágios de vida. A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Entomologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Os óleos essenciais utilizados foram oriundos de formulações comerciais, para cada tipo de óleo as larvas de 3º ínstar e pupas foram imersas em cinco concentrações. A ação dos óleos diferiu para os estágios de vida em que foram aplicados, assim como suas ações foram mais efetivas nas primeiras horas após a aplicação. O uso de óleo de andiroba, quando aplicado na fase pupal, propiciou com a menor concentração (20 mg) uma mortalidade superior a dose letal (DL₅₀). Para as aplicações em fase larval, o óleo de eucalipto se destacou sobre os demais, gerando as maiores taxas de mortalidade de larvas e com maior persistência de ação, resultando também em maior mortalidade de pupas. O uso de óleos essenciais no controle de *C. capitata* se mostrou uma alternativa promissora, no entanto, deve-se atentar para a fase de vida e concentrações aplicadas para otimizar o sucesso desse método de controle.

Palavras-chaves: Inseticida natural. Mosca-das-frutas do Mediterrâneo. Controle alternativo.

CARTAXO, Paulo Henrique de Almeida. **Essential oils in the control of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)**. Areia – PB, 2020. 34 p. Course Completion Work (Graduation in Agronomic Engineering) - Federal University of Paraíba.

ABSTRACT

Brazil is the third largest fruit producer in the world, however, some pests, such as *Ceratitis capitata*, are responsible for great economic damage to national fruit production. In this sense and in view of the need to develop sustainable control strategies for *C. capitata*, the study of the insecticidal potential of essential oils has gained prominence worldwide. Thus, the present study aimed to evaluate the efficiency of essential oils of andiroba, citronella and eucalyptus in the mortality and emergence of *C. capitata* in two stages of life. The research was conducted at the Entomology Laboratory of the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Paraíba. The essential oils used were derived from commercial formulations, for each type of oil the 3rd instar larvae and pupae were immersed in five concentrations. The action of the oils differed for the life stages in which they were applied, as well as their actions were more effective in the first hours after application. The use of andiroba oil, when applied in the pupal phase, has already resulted in a mortality above the lethal dose (LD₅₀) with the lowest concentration (20 mg). For applications in the larval phase, eucalyptus oil stood out over the others, generating the highest mortality rates of larvae and with greater persistence of action, also resulting in higher pupal mortality. The use of essential oils in the control of *C. capitata* proved to be a promising alternative, however, attention should be paid to the life stage and concentrations applied to optimize the success of this control method.

Key words: Natural insecticide. Mediterranean fruit fly. Alternative control.

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura é uma das principais atividades agrícolas ao redor do globo, com crescimento acentuado dos mercados de consumo de frutas frescas e de processamento industrial nos últimos anos (Fachi et al., 2019). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, atrás apenas da China e da Índia, com uma produção anual de cerca de 43 milhões de toneladas por ano (Freitas et al., 2018), em uma área plantada de aproximadamente 2 milhões de hectares (Pio et al., 2019). O país se destaca por produzir tanto frutas tropicais como de clima temperado ao longo do ano, o que se deve a sua extensão territorial, posição geográfica e condições edafoclimáticas (Fachi et al., 2019).

As pragas são um dos grandes entraves para os produtores de frutas em todo o mundo. Dentre os insetos praga, destacam-se os dípteros frugívoros, especialmente algumas espécies da família Tephritidae (Oliveira et al., 2019). Cerca de 250 das 4.000 espécies conhecidas dessa família infestam frutas cultivadas, causando perdas econômicas expressivas (Bekker et al., 2019). Entre os Tefritídeos, as espécies de moscas-das-frutas *Anastrepha Schiner*, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) e *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock são consideradas as mais importantes pragas das culturas frutíferas no Brasil, representando uma séria ameaça a esse segmento produtivo (Malacrinò et al., 2018).

Ceratitis capitata é a principal espécie de mosca-das-frutas no Brasil, o que requer um controle populacional rigoroso dessa praga como requisito para a exportação de frutas para os Estados Unidos e Japão (Leite et al., 2019). Essa espécie é altamente invasiva e polifágica, atacando uma grande variedade de frutas (Sciarretta et al., 2019), o que se deve a sua grande adaptabilidade, levando a ocupar cada vez mais nichos no território brasileiro (Leite et al., 2019).

As perdas ocasionadas por *C. capitata* se devem principalmente a redução do rendimento comercial dos pomares, em função dos danos sofridos quando as larvas se alimentam da polpa do fruto, depreciando a qualidade deste e induzindo a sua queda prematura; danos secundários também são recorrentes, como a ocorrência de infecções bacterianas e/ou fúngicas, em decorrência das aberturas ocasionadas pela oviposição dessa praga (Asadi et al., 2019).

O controle de *C. capitata* no Brasil é comumente realizado via aplicação de inseticidas, como os organofosforados e piretróides (Brilinger et al., 2019). No entanto, com as crescentes restrições ao uso de controle químico em frutíferas e a conscientização

sobre a segurança alimentar (Paranhos et al, 2019), há uma necessidade urgente de aplicar novas estratégias de controle como alternativa aos inseticidas químicos, visando proteger o meio ambiente, diminuir a resistência, aumentar a produtividade dessas culturas (Ibrahim, 2019) e para reduzir os altos níveis de resíduos tóxicos nos alimentos (Hernández-cruz et al., 2019).

O uso de inseticidas naturais é uma estratégia de controle mais segura se comparada com o uso de produtos químicos; três formas são comumente usadas para controle de insetos: extratos, óleos vegetais e óleos essenciais (Hidayat et al., 2018). Os óleos essenciais são compostos encontrados em muitas famílias de plantas e são caracterizados por baixo peso molecular, natureza lipofílica (Rizzo et al., 2020) e com uma faixa relativamente estreita de volatilidades, principalmente monoterpenos e sesquiterpenos (Niogret; Epsky, 2018). Esses óleos, ou seus compostos químicos originados, podem tanto atrair insetos benéficos quanto repelir insetos indesejáveis, como as pragas (Liu et al., 2019), em que podem ser tóxicos para ovos, larvas, pupas e adultos de várias espécies de insetos de importância econômica (Oviedo et al., 2018). O uso de óleos essenciais no controle de *C. capitata* vem se mostrando como uma técnica eficiente e promissora (Papanastasiou et al., 2017; Oviedo et al., 2018; Alves et al., 2019), necessitando que novos estudos sejam desenvolvidos buscando analisar a eficiência do óleo essencial de outras espécies vegetais no controle dessa praga.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência de óleos essenciais de 3 espécies vegetais que apresentam ação inseticida no controle de *Ceratitis capitata*.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar individualmente a ação inseticida dos óleos essenciais em diferentes estágios de desenvolvimento de *C. capita*;
- Determinar a concentração com maior potencial de mortalidade;
- Determinar a DL50.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Os óleos essenciais são reconhecidos como alternativas seguras e potenciais aos pesticidas químicos sintéticos (Rizvi et al., 2018). Esses óleos são produzidos naturalmente pelas plantas, na forma de compostos secundários (Dey; Gupta, 2016). Podem ser extraídos de diferentes partes dos vegetais, como as flores, folhas, frutas, sementes e partes do caule e raízes (Naz et al., 2018). A composição dos óleos essenciais pode ser fortemente influenciada de acordo com a origem geográfica da planta do qual foi extraído, assim, o óleo essencial de uma mesma planta, porém oriundo de diferentes áreas geográficas, pode causar respostas diferentes na mesma espécie de praga (Campolo et al., 2018).

Embora existam mais de 3000 tipos de óleos essenciais, cerca de apenas 300 possuem importância econômica no campo farmacêutico, agrícola e comercial (Naz et al., 2018). Os óleos essenciais são obtidos majoritariamente por processos de hidrodestilação, destilação a vapor, destilação a seco ou prensagem mecânica a frio de plantas (Tak et al., 2016). Os óleos obtidos apresentam composição diversa, contendo até 60 componentes cada (Dey; Gupta, 2016), como compostos terpênicos, derivados oxigenados como cetonas, aldeídos, álcoois e ácidos orgânicos, assim como ésteres (Naz et al., 2018). São hidrofóbicos e geralmente lipofílicos, com densidade frequentemente menor que a da água e apresentam solubilidade em solventes orgânicos (Campolo et al., 2018).

Por serem frequentemente misturas complexas e com um grande número de constituintes, os óleos essenciais podem afetar a bioatividade de diversos organismos (Tak et al., 2016), por isso são amplamente testados por suas propriedades fungicidas, bactericidas e inseticidas (Massango et al., 2017), verificando-se a eficiência do uso desses produtos em uma série de pragas agrícolas de importância econômica, como o psilídeo cítrico asiático *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) (Rizvi et al., 2018), gorgulho do feijão *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) (Massango et al., 2017), gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) (Hernández-Cruz et al., 2019) e percevejo marrom *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) (Cossolin et al., 2019).

A aplicação de óleos essenciais para o controle de Diptera também tem mostrado resultados satisfatórios, a exemplo do óleo de *Achillea wilhelmsii* C. Koch como larvicida para o controle de *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae) (Soleimani-Ahmadi

et al., 2017), *Baccharis dracunculifolia* como larvicida de *Cochliomyia macellaria* (Diptera: Calliphoridae) (Chaaban et al., 2017) e *Citrus aurantifolia* como ovicida e larvicida de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) (Sarma et al., 2019).

Em mosca-das-frutas, o uso de óleos essenciais vem despontando como uma alternativa em potencial para o controle dessas pragas. Para a mosca-da-fruta mexicana *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae), os óleos essenciais de *Eugenia caryophyllus*, *Ocimum basilicum* e *Thymus vulgaris* mostraram-se significativamente tóxicos para adultos dessa espécie, especialmente em concentrações mais elevadas (1,5, 2,0 ou 3,5%), em que a mortalidade alcançou 100% (Buentello-Wong et al., 2016). O óleo essencial de eucalipto *Eucalyptus obliqua* alcançou a DL₅₀ na concentração de 38,88ml/L para mosca-da-fruta do pêssego *Bactrocera zonata* (Diptera: Tephritidae), mostrando-se como uma potencial estratégia de controle dessa praga no período pupal (Ali, 2018). Em estudo com a mosca-da-fruta sul-americana *Anastrepha fraterculus* Wied. (Diptera: Tephritidae), verificou-se efeito inseticida da aplicação dos óleos de andiroba *Carapa guianensis* e citronela *Cymbopogon winterianus* na fase adulta dessa espécie, assim como, demonstrou-se que esses óleos podem inibir a oviposição (Brilinger et al., 2019).

Os estudos acerca da utilização de óleos essenciais como estratégia de controle de *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) tem se mostrado promissores. Papanastasiou et al. (2017), verificaram que o limoneno, importante constituinte dos óleos essenciais cítricos, induz altas mortalidade nessa praga em função de maiores concentrações aplicadas. Nesse mesmo sentido, Oviedo et al. (2018) verificaram que os óleos essenciais de *Baccharis dracunculifolia* e *Pinus elliottii*, causaram 100% de mortalidade em pupas de *C. capitata*. A mistura de óleos essenciais também tem apresentado resultados satisfatórios, Alves et al. (2019) utilizando a mistura dos óleos de *Cymbopogon citratus*, *Cedrus atlantica* e *Corymbia citriodora*, observaram alta mortalidade em adultos de *C. capitata*, ao mesmo tempo que essa mistura se mostrou inofensiva ao parasitóide *Psyttalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae), agente de controle biológico dessa praga.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A criação de moscas-das-frutas (*Ceratitis capitata*) foi mantida no Laboratório de Entomologia (LEN) pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade

Federal da Paraíba (UFPB), Areia-PB, à temperatura: $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas, em dieta artificial (Tabela 1).

Tabela 1. Dieta artificial para o desenvolvimento larval de *Ceratitis capitata*

Ingrediente	Massa (g)
Levedo de cerveja	80,0
Cenoura crua	400,0
Nipagin (Antifúngico)	4,0

Os experimentos foram realizados em duas etapas: a primeira, realizou-se a obtenção dos óleos essenciais e do adjuvante Tween para suas diluições em água destilada. A segunda, houve a aplicação das concentrações dos óleos em larvas de 3º instar e pupas de *C. capitata*.

Os adultos foram mantidos em gaiolas de 20x30x20cm teladas com tecido *voil*, colocadas sobre bandejas com água para coleta dos ovos. Os adultos foram alimentados diariamente com uma solução de água e mel a 10%, através de um chumaço de algodão colocado na parte superior da gaiola durante o período de oviposição. Os ovos coletados foram colocados sobre a dieta artificial em potes plásticos medindo 20x10x5cm, mantidos no referido laboratório. A infestação dos ovos na dieta foi feita entre 24 a 48 horas depois da coleta. Após aproximadamente 10 dias de infestação na dieta, os recipientes contendo as larvas foram transferidos para bandejas medindo 34x34x14cm, contendo areia esterilizada para obtenção das pupas, posteriormente colocadas no interior das gaiolas, reiniciando assim, um novo ciclo de criação.

Foram utilizados para os testes de mortalidade em *C. capitata*, óleos vegetais em formulações comerciais, que apresentam atividade inseticida. Como base para os testes, inicialmente, foram adquiridos os óleos de: Andiroba (*Carapa guianensis*), Citronela (*Cymbopogon winterianus*) e Eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) nas concentrações de 0 (testemunha), 20, 40, 60, 80 e 100 mg. mL⁻¹. Para a testemunha, o teste foi feito apenas com água destilada e o adjuvante Tween.

Para cada concentração do óleo foram utilizados 50 indivíduos de mosca-das-frutas, obedecendo um total de dez repetições com 5 exemplares cada, tanto para larvas de 3º instar quanto para pupas. Os insetos foram imersos em cada concentração no período

de 10 segundos. Após tratamento, tanto as larvas quanto as pupas foram transferidas para placas de Petri contendo 15g de areia esterilizada.

Em larvas de 3º ínstar foi avaliado a toxicidade dos óleos essenciais nos intervalos de 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas após a aplicação dos produtos, contando-se o número de larvas mortas. Para as larvas que chegaram ao período pupal, foi avaliado a emergência (número de machos e fêmeas) do 8º ao 10º dia, visto que o período mínimo de desenvolvimento da pupa para formação do adulto é de 7 dias.

A avaliação das pupas ocorreu do 7º ao 9º dia após a aplicação dos produtos, tempo pré-estabelecido para emergência normal dos adultos. A mortalidade das pupas foi contabilizada a partir da não emergência dos adultos.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, e os resultados dos ensaios serão submetidos ao teste de Probit e à análise de variância pelo teste F. O programa utilizado foi o R (The R project for Statistical Computing).

5. RESULTADOS

5.1 Mortalidade pupal e emergência de adultos

Quando aplicados diretamente sobre as pupas, observou-se interação significativa ($p \leq 0,0001$) entre os óleos essenciais utilizados e suas respectivas concentrações na mortalidade de pupas de *C. Capitata*. No entanto, esse efeito não foi observado com o uso do óleo de citronela, o que demonstra a baixa eficácia desse óleo para o controle dessa praga nesse estágio de vida.

O aumento das concentrações de óleo de eucalipto apresentou efeito linear sob a mortalidade de pupas, com a DL_{50} sendo obtida com a concentração de 93 mg.ml⁻¹ (Figura 1), indicando a necessidade de maiores concentrações desse óleo para o efetivo controle de *C. Capitata*.

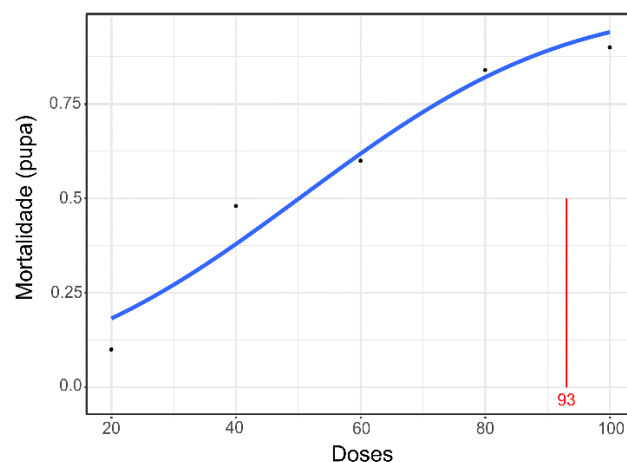


Figura 1. DL₅₀ e Mortalidade de pupas de *C. capitata* tratadas com diferentes concentrações do óleo de Eucalipto.

Para o uso do óleo de andiroba (Figura 2), verificou-se efeito quadrático das concentrações sob a mortalidade de pupas. A concentração de 90,2 mg.ml⁻¹ foi responsável por matar 75% dos indivíduos (DL₇₅). Deve-se destacar que as menores concentrações utilizadas (20 e 40 mg.ml⁻¹) apresentaram mortalidade superior a DL₅₀, o que demonstra a superioridade do óleo de andiroba em relação aos óleos de eucalipto e citronela quando aplicado no período pupal de *C. Capitata*.

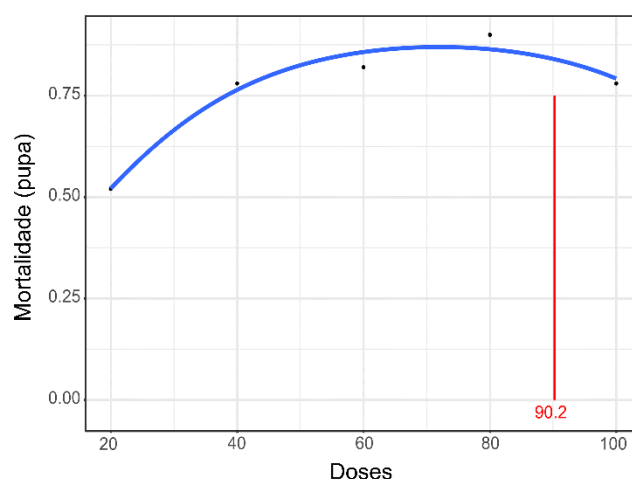


Figura 2. DL₇₅ e Mortalidade de pupas de *C. capitata* tratadas com diferentes concentrações do óleo de Andiroba.

Para o uso do óleo de andiroba, observou-se efeito significativo ($p \leq 0,001$) da interação óleos essenciais *versus* concentrações na emergência de fêmeas de *C. Capitata*.

O incremento das concentrações foi responsável por diminuir a emergência de novos insetos do sexo feminino (Figura 3).

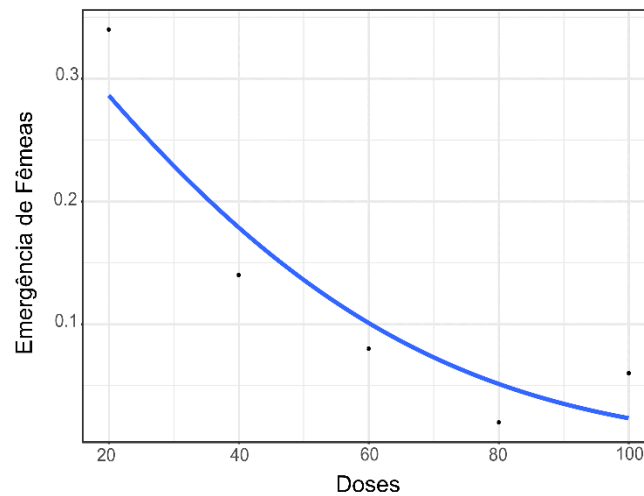


Figura 3. Emergência de indivíduos fêmeas de *C. capitata* tratadas a partir de diferentes concentrações do óleo de Andiroba.

O óleo de Eucalipto quando aplicado na fase pupal proporcionou maior emergência de fêmeas (Figura 4). Todavia, ambas (machos e fêmeas) apresentaram decréscimo na emergência dos indivíduos a partir do incremento das concentrações, fruto da alta mortalidade desse óleo. Diferentemente, o óleo de Citronela não interferiu significativamente na emergência de fêmeas e machos de *C. Capitata* ($p>0,05$).

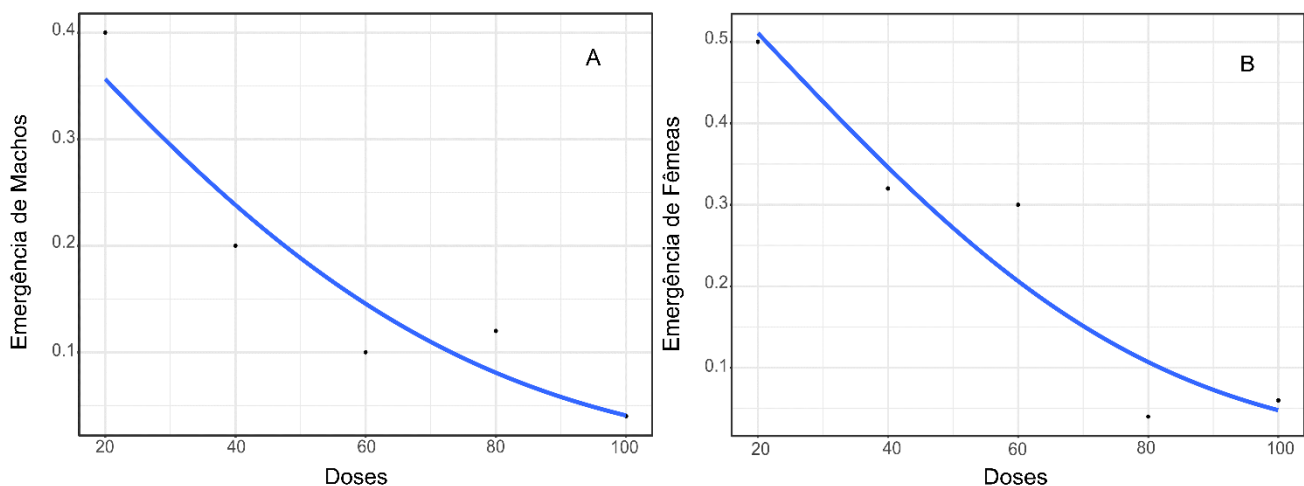


Figura 4. Emergência de indivíduos machos (A) e fêmeas (B) de *C. capitata* tratadas a partir de diferentes concentrações do óleo de Eucalipto.

5.2 Mortalidade das larvas

Para o óleo de Andiroba, a concentração mínima (20 mg.ml^{-1}) nas primeiras 6 horas apresentou a maior mortalidade larval (Figura 5). Resultado similar ao observado com o óleo de Citronela, em que as 6 primeiras horas apresentaram os maiores valores de mortalidade, entretanto, esses valores foram obtidos com a dosagem máxima (100 mg.ml^{-1}). Em contrapartida, o intervalo de 24 horas com dosagem máxima apresentou maior mortalidade para o óleo de Eucalipto, tornando-se o óleo mais eficaz para o controle da praga nessa fase.

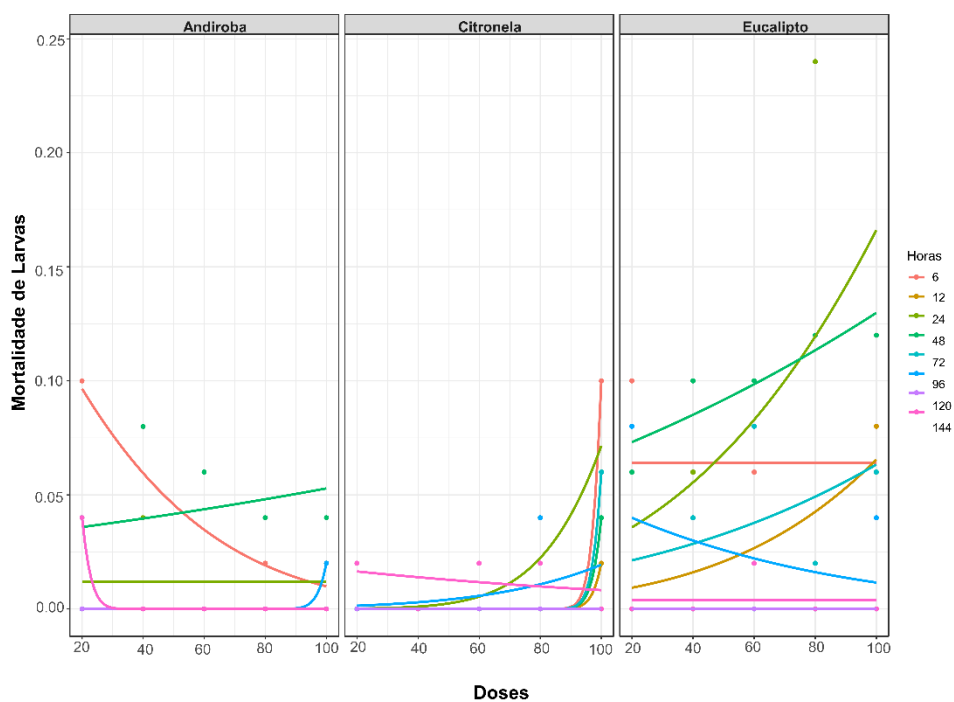


Figura 5. Mortalidade das Larvas de *C. capitata* tratadas no 3º instar com diferentes concentrações de óleos de Andiroba, Citronela e Eucalipto em função do tempo.

5.3 Mortalidade pupal e emergência de adultos a partir das larvas pré-tratadas.

Para mortalidade das pupas provenientes das larvas anteriormente tratadas, identificou-se efeito significativo ($p \leq 0,001$) entre os óleos essenciais utilizados e suas respectivas concentrações na mortalidade de *C. Capitata*. Os óleos de Eucalipto e Citronela

obtiveram interação com efeito quadrático, verificando-se que de modo geral a menor concentração (20) e a maior (100) propiciaram as melhores taxas de mortalidade (Figura 6). Todavia, o óleo de andiroba não apresentou diferença estatística entre as concentrações ($p>0,05$).

Embora o óleo de Andiroba se apresentou uma boa alternativa de controle quando aplicado no período pupal, o mesmo não apresentou eficácia quando utilizado no período larval, isso pode ser explicado a partir de substâncias da composição do óleo que prejudicaram a maturação da pupa.

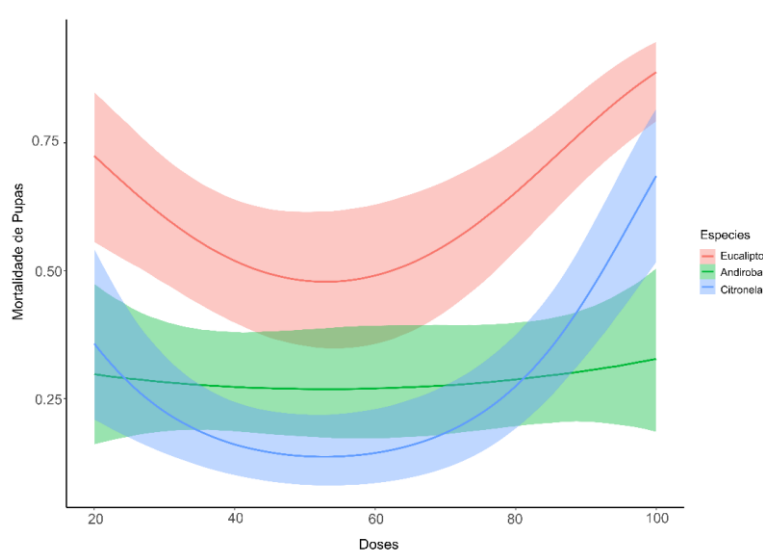


Figura 6. Mortalidade das pupas de *C. capitata* a partir das larvas pré-tratadas com diferentes concentrações dos óleos de Andiroba, Citronela e Eucalipto.

Na emergência de fêmeas, houve efeito significativo ($p\leq 0,001$) para o óleo de Citronela. O incremento das concentrações diminui a probabilidade de emergência de insetos desse sexo (Figura 7), boa alternativa de controle visto que o menor número de indivíduos fêmeas ocasionará menor oviposição dentro dos frutos, consequentemente menos frutos danificados pela praga. Todavia, o efeito de doses de Andiroba e Eucalipto não apresentaram efeito significativo na emergência de fêmeas.

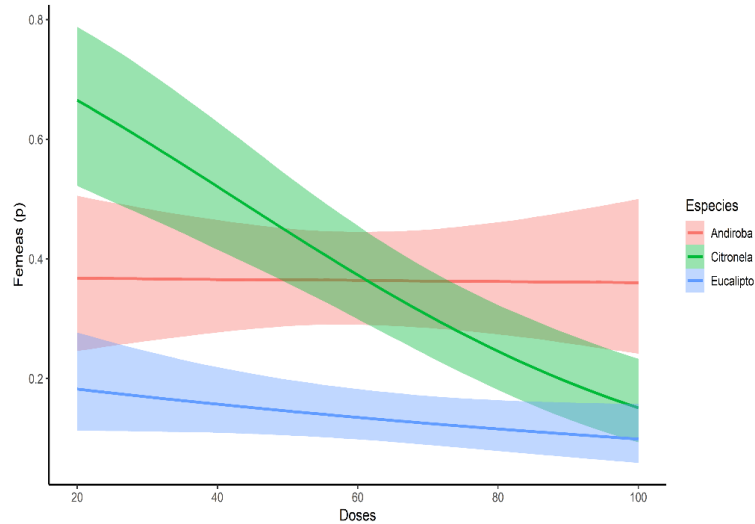


Figura 7. Emergência de insetos fêmeas de *C. capitata* a partir das larvas pré-tratadas com diferentes concentrações dos óleos de Andiroba, Citronela e Eucalipto

Na emergência de machos, verificou-se efeito significativo ($p \leq 0,001$) para os óleos de Citronela e Eucalipto. O número de indivíduos machos aumenta em função do aumento das concentrações (Figura 8). Diferentemente, as concentrações do óleo de Andiroba não apresentam efeito significativo na emergência de machos.

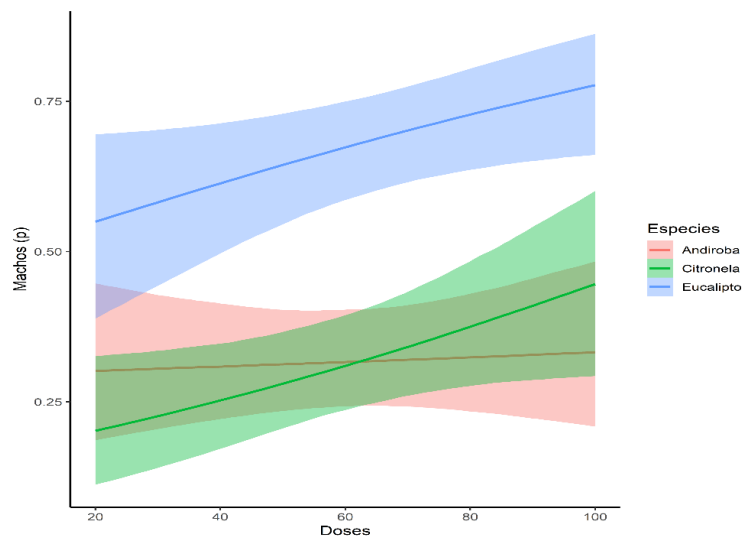


Figura 8. Emergência de insetos machos de *C. capitata* a partir das larvas pré-tratadas com diferentes concentrações dos óleos de Andiroba, Citronela e Eucalipto

6. DISCUSSÃO

Neste estudo, demonstramos que os óleos essenciais de andiroba, citronela e eucalipto apresentam efeitos diversos na emergência e mortalidade de larvas e pupas de *Ceratitis capitata*. Resultado que se dá pela grande variabilidade dos componentes químicos presentes nesses óleos. Estudos como o de Nhan et al. (2020) mostram que o óleo de citronela é composto principalmente por citral (46,603%), mircenol (34,983%) e geraniol (3,556%). O óleo de andiroba, por sua vez, apresenta majoritariamente três componentes: o α -humuleno, biciclogermacreno e germacreno-D, que somam mais de 50,00% de sua constituição (Zórtea et al., 2017). No óleo essencial de eucalipto há predominância de Eucaliptol, α -Pinenol e β -Pinenol (Totani et al., 2020).

A elevada mortalidade de pupas ocasionada pelo óleo de andiroba quando aplicado sobre essa estrutura, possivelmente, se deve a grande quantidade de componentes inseticidas presentes nesse óleo, que embora não sejam constituintes principais, apresentam elevada ação inseticida, como os triterpenos, cumarinas, flavonoides e ácido linoleico (Sarria et al., 2011). Efeitos inseticidas do óleo de andiroba também são reportados para *Anastrepha fraterculus*, outra espécie de mosca-das-frutas com grande importância econômica (Nunes et al., 2015; Brilinger et al., 2019).

Deve-se considerar que a aplicação desse óleo no estágio pupal gerou resultados muito satisfatórios, com a menor concentração (20 mg) ocasionando uma mortalidade superior a dose letal (DL_{50}), o que com a aplicação do óleo de eucalipto só foi possível com a concentração de 93 mg. Resultados que indicam que os componentes presentes no óleo de andiroba apresentam maior facilidade em ultrapassar a camada de proteção das pupas, levando assim a obtenção de maiores taxas de mortalidade. O óleo de citronela reconhecidamente apresenta efeito inseticida (Saad et al., 2017; Brilinger et al., 2019), e tem como seu principal constituinte um monoterpeno, o citral, que embora apresente alta toxicidade (Kaur et al., 2019), apresenta uma rápida volatilização (Silva et al., 2019), o que para a aplicação no período pupal não se mostrou como uma alternativa eficiente.

A aplicação de óleos essenciais afeta o crescimento a fertilidade e o desenvolvimento de insetos (Sehari et al., 2018), o que nesse estudo pode ser atestado pela influência sobre a emergência de moscas fêmeas, provocado pela aplicação do óleo de eucalipto e de andiroba, e de moscas machos, quando da aplicação do óleo de eucalipto na fase pupal. Essa influência negativa sobre a emergência de novas moscas fêmeas é extremamente benéfica do ponto de vista do controle biológico, por serem os insetos

desse sexo que ovipositam frutos, causando danos econômicos consideráveis (Hafsi et al., 2020).

Ao serem aplicados na fase larval, verificou-se que os óleos essenciais apresentaram comportamentos diferentes quanto a mortalidade de larvas no decorrer do tempo, sendo para o óleo de andiroba e citronela esse efeito pronunciado principalmente nas horas iniciais, o que se deve ao fato de que a maioria dos componentes de óleos com potencial inseticida apresenta alta volatilidade (Lee et al., 2015), efeito ainda mais marcante no óleo de citronela, em que as maiores taxas foram obtidas nas seis primeiras horas e com a concentração máxima, o que reforça a utilização de outras estratégias de aplicação de óleos, como a microencapsulação (Pavoni et al., 2020). O óleo de eucalipto apresentou efeito mais persistente, com incremento do seu potencial com o aumento da concentração aplicada, o que se deve em partes a sua composição, com destaque para o eucaliptol, um dos principais responsáveis por sua ação inseticida e também por apresentar efeito sinérgico com os demais compostos presentes nesse tipo de óleo e potencializar sua ação (Dhakad et al., 2018).

Quando aplicado no período larval, o óleo de eucalipto também apresentou resultados bastante satisfatórios, levando a valores de mortalidade de pupa superior ao observado para os demais óleos, como o óleo de andiroba, que diferentemente de quando aplicado diretamente no estágio pupal, não se sobressaiu, não atingindo em nenhuma das concentrações aplicadas a DL_{50} . Os melhores resultados obtidos para o óleo de eucalipto provavelmente se devem a maior persistência desse óleo (Bett et al., 2017), contribuindo para um efeito mais prolongado de sua ação, e, conseqüentemente, maior mortalidade dos próximos instares da praga.

Para essa mesma modalidade de aplicação, as maiores concentrações de óleo de citronela levaram a obtenção de menor emergência de fêmeas de *C. capitata*, destoando assim da aplicação diretamente na pupa, aonde esse tipo de óleo não apresentou efeito significativo, indicando assim a grande variabilidade de ação desses óleos a depender do período de desenvolvimento em que se faz a aplicação. Importante destacar que concentrações crescentes tanto de óleo de citronela, como de eucalipto, aumentaram o percentual de emergências de machos de *C. capitata*, sendo pertinente que novos trabalhos avaliando a fertilidade desses insetos sejam realizados, visto que além dos efeitos diretos de mortalidade de larvas e pupas, a geração de machos estéreis também se constitui em um importante método de controle para mosca-das-frutas (Kouloussis et al., 2017; Suárez et al., 2019).

7. CONCLUSÕES

- O óleo de andiroba quando aplicado na fase pupal leva a taxas de mortalidade satisfatórias, podendo ser utilizado em menores concentrações (≤ 20 mg).
- O uso de óleo de eucalipto pode ser recomendado para utilização na fase larval de *C. capitata*.
- A utilização de óleos essenciais se mostra uma alternativa promissora e sustentável para o controle de *C. capitata* em ambos estágios de vida avaliados.

REFERÊNCIAS

- ADAK, T.; BARIK, N.; PATIL, N. B.; GADRATAGI, B. G.; ANNAMALAI, M.; MUKHERJEE, A. K.; RATH, P. C. Nanoemulsion of eucalyptus oil: An alternative to synthetic pesticides against two major storage insects (*Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst)) of rice. **Industrial Crops and Products**, v. 143, e111849, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111849>
- ALI, M. A. Toxicity of certain plant oils on pupal stage of the peach fruit fly, *B. zonata* (sunders)(Tephritidae: Diptera)'. **Advances in Plants & Agriculture Research**, v. 8, n. 6, p. 372-374, 2018. DOI: <https://doi.org/10.15406/apar.2018.08.00352>
- ALVES, T. J.; MURCIA, A.; WANUMEN, A. C.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; TEIXEIRA, Á. A; ORTIZ, A.; MEDINA, P. Composition and Toxicity of a Mixture of Essential Oils Against Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 1, p. 164-172, 2018. DOI: <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1093/jee/toy275>
- ASADI, R.; ELAINI, R.; LACROIX, R.; ANT, T.; COLLADO, A.; FINNEGAN, L. et al. Preventative releases of self-limiting *Ceratitis capitata* provide pest suppression and protect fruit quality in outdoor netted cages. **International Journal of Pest Management**, v. 65, n. 1, p. 1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670874.2019.1601293>
- BEKKER, G. F. H. G.; ADDISON, M.; ADDISON, P.; VAN NIEKERK, A. Using machine learning to identify the geographical drivers of *Ceratitis capitata* trap catch in an agricultural landscape. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 162, p. 582-592, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.05.008>
- BETT, P. K.; DENG, A. L.; OGENDO, J. O.; KARIUKI, S. T.; KAMATENESI-MUGISHA, M.; MIHALE, J. M.; TORTO, B. Residual contact toxicity and repellence of *Cupressus lusitanica* Miller and *Eucalyptus saligna* Smith essential oils against major stored product insect pests. **Industrial Crops and Products**, v. 110, p. 65-74, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.046>
- BRILINGER, D.; WILLE, C. L.; ROSA, J. M.; FRANCO, C. R.; BOFF, M. I. C. Mortality Assessment of Botanical Oils on *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830)

Applied in Fruits Under Laboratory Conditions. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 8, p.287-294, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n8p287>

BUENTELLO-WONG, S.; GALÁN-WONG, L.; ARÉVALO-NIÑO, K.; ALMAGUER-CANTÚ, V.; ROJAS-VERDE, G. Toxicity of some essential oil formulations against the Mexican fruit fly *Anastrepha ludens* (Loew)(Diptera: Tephritidae). **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 58-62, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.02.040>

CAMPOLO, O.; GIUNTI, G.; RUSSO, A.; PALMERI, V.; ZAPPALÀ, L. Essential oils in stored product insect pest control. **Journal of Food Quality**, v. 2018, e6906105, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/6906105>

CHAABAN, A.; MARTINS, C. E. N.; BRETANHA, L. C.; MICKE, G. A.; CARRER, A. R.; ROSA, N. F. et al. Insecticide activity of *Baccharis dracunculifolia* essential oil against *Cochliomyia macellaria* (Diptera: Calliphoridae). **Natural Product Research**, v. 32, n. 24, p. 2954-2958, 2018. DOI: <https://doi-org/10.1080/14786419.2017.1392947>

COSSOLIN, J. F.; PEREIRA, M. J.; MARTÍNEZ, L. C.; TURCHEN, L. M.; FIAZ, M.; BOZDOĞAN, H.; SERRÃO, J. E. Cytotoxicity of *Piper aduncum* (Piperaceae) essential oil in brown stink bug *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). **Ecotoxicology**, v. 28, n. 7, p. 763-770, 2019. DOI: <https://doi-org/10.1007/s10646-019-02072-8>

DEY, D.; GUPTA, M. K. Use of essential oils for insect pest management-a review. **Innovative Farming**, v. 1, n. 2, p. 21-29, 2016.

DHAKAD, A. K.; PANDEY, V. V.; BEG, S.; RAWAT, J. M.; SINGH, A. Biological, medicinal and toxicological significance of Eucalyptus leaf essential oil: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 3, p. 833-848, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8600>

FACHI, L. R.; KRAUSE, W.; VIEIRA, H. D.; ARAÚJO, D. V.; LUZ, P. B.; VIANA, A. P. Digital image analysis to quantify genetic divergence in passion fruit seeds. **Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 2, e16039955, 2019.

FREITAS, S. S.; SERAFIM, F. A. T.; LANÇAS, F. M. Determination of target pesticide residues in tropical fruits employing matrix solid-phase dispersion (MSPD) extraction followed by high resolution gas chromatography. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 29, n. 5, p. 1140-1148, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20180041>

HAFSI, A.; ABBES, K.; HARBI, A.; CHERMITI, B. Field efficacy of commercial food attractants for *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) mass trapping and their impacts on non-target organisms in peach orchards. **Crop Protection**, v. 128, e104989, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104989>

HERNÁNDEZ-CRUZ, J.; LUNA-CRUZ, A.; LOERA-ALVARADO, E.; VILLANUEVA-SÁNCHEZ, E.; LANDERO-VALENZUELA, N.; ZÁRATE-NICOLÁS, B. H. et al. Efficiency of the Essential Oil of *Porophyllum linaria* (Asteraceae) a Mexican Endemic Plant Against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Insect Science**, 2019. DOI: <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1093/jisesa/iez079>

HERNÁNDEZ-CRUZ, J.; LUNA-CRUZ, A.; LOERA-ALVARADO, E.; VILLANUEVA-SÁNCHEZ, E.; LANDERO-VALENZUELA, N.; ZÁRATE-NICOLÁS, B. H. ET AL. Efficiency of the Essential Oil of *Porophyllum linaria* (Asteraceae) a Mexican Endemic Plant Against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Insect Science**, v. 20, n. 20, e079, 2019. DOI: <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1093/jisesa/iez079>

HIDAYAT, Y.; FERERA, R. F.; RAMADHAN, A. F.; KURNIAWAN, W.; YULIA, E.; RASISKA, S. Combination of edible vegetable oil and artificial fruit to reduce *Bactrocera dorsalis* oviposition in chilli fruits. **Journal of Applied Entomology**, v. 143, n. 1-2, p. 69-76, 2019. DOI: <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1111/jen.12575>

KAUR, G.; GANJEWALA, D.; BIST, V.; VERMA, P. C. Antifungal and larvicidal activities of two acyclic monoterpenes; citral and geraniol against phytopathogenic fungi and insects. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 52, n. 5-6, p. 458-469, 2019. DOI: <https://doi-org/10.1080/03235408.2019.1651579>

KOULOSSIS, N. A.; GEROFOTIS, C. D.; IOANNOU, C. S.; ILIADIS, I. V.; PAPADOPOULOS, N. T.; KOVEOS, D. S. Towards improving sterile insect technique: exposure to orange oil compounds increases sexual signalling and longevity in *Ceratitis capitata* males of the Vienna 8 GSS. **PloS one**, v. 12, n. 11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188092>

- LEE, S.; DO, H.; MIN, K. Effects of essential oil from *Hinoki cypress*, *Chamaecyparis obtusa*, on physiology and behavior of flies. **PloS one**, v. 10, n. 12, e0143450, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0143450>
- LEITE, S. A.; COSTA, D. R. D.; RIBEIRO, A. E. L.; MOREIRA, A. A.; SÁ NETO, R. J. D.; CASTELLANI, M. A. Oviposition preference and biological performance of *Ceratitis capitata* in Anacardiaceae, Cactaceae and Vitaceae fruit. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1808-1657001282018>
- LIU, S.; ZHAO, J.; HAMADA, C.; CAI, W.; KHAN, M.; ZOU, Y.; HUA, H. Identification of attractants from plant essential oils for *Cyrtorhinus lividipennis*, an important predator of rice planthoppers. **Journal of Pest Science**, v. 92, n. 2, p. 769-780, 2019. DOI: <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10340-018-1054-1>
- MALACRINÒ, A.; CAMPOLO, O.; MEDINA, R. F.; PALMERI, V. Instar-and host-associated differentiation of bacterial communities in the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. **PloS one**, v. 13, n. 3, e0194131, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194131>
- MASSANGO, H. G. L. L.; FARONI, L. R. A.; HADDI, K.; HELENO, F. F.; JUMBO, L. V.; OLIVEIRA, E. E. Toxicity and metabolic mechanisms underlying the insecticidal activity of parsley essential oil on bean weevil, *Callosobruchus maculatus*. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 2, p. 723-733, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0826-8>
- NAZ, M.; NISAR, S.; EL ZEREY-BELASKRI, A.; UMER, A.; IDREES, M. Synthesis and Uses of various essential oil based derivatives in biomedicine. **International Journal of Chemical and Biochemical Sciences**, v. 13, p. 92-99, 2018.
- NHAN, T.; PHU, N.; THANH, V. T.; CANG, M. H.; LAM, T. D.; HUONG, N. et al. Microencapsulation of Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) Essential Oil Via Spray Drying: Effects of Feed Emulsion Parameters. **Processes**, v. 8, n. 1, e40, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8010040>
- NIOGRET, J.; EPSKY, N. D. Attraction of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) Sterile Males to Essential Oils: The Importance of Linalool. **Environmental Entomology**, v. 47, n. 5, p. 1287-1292, 2018. DOI: <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1093/ee/nvy096>

- NUNES, M. Z.; BOFF, M. I. C.; SANTOS, R. S. S.; FRANCO, C. R.; ROSA, J. M. Control of the South American fruit fly in pear with natural-based products. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 3, p. 344-349, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v6i3.863>
- OLIVEIRA, I.; UCHOA, M. A.; PEREIRA, V. L.; NICÁCIO, J.; FACCENDA, O. *Anastrepha species* (Diptera: Tephritidae): patterns of spatial distribution, abundance, and relationship with weather in three environments of midwestern Brazil. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 1, p. 113-120, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.102.0118>
- OVIEDO, A.; VAN NIEUWENHOVE, G.; VAN NIEUWENHOVE, C.; RULL, J. Biopesticide effects on pupae and adult mortality of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Austral Entomology**, v. 57, n. 4, p. 457-464, 2018. DOI: <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1111/aen.12296>
- PAPANASTASIOU, S. A.; BALI, E. M. D.; IOANNOU, C. S.; PAPACHRISTOS, D. P.; ZARPAS, K. D.; PAPADOPOULOS, N. T. Toxic and hormetic-like effects of three components of citrus essential oils on adult Mediterranean fruit flies (*Ceratitis capitata*). **PloS one**, v. 12, n. 5, p. e0177837, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177837>
- PARANHOS, B. J.; NAVA, D. E.; MALAVASI, A. Biological control of fruit flies in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.26037>
- PAVONI, L.; PERINELLI, D. R.; BONACUCINA, G.; CESPI, M.; PALMIERI, G. F. An Overview of Micro-and Nanoemulsions as Vehicles for Essential Oils: Formulation, Preparation and Stability. **Nanomaterials**, v. 10, n. 1, e135, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano10010135>
- PIO, R.; SOUZA, F. B. M. D.; KALCSITS, L.; BISI, R. B.; FARIAS, D. D. H. Advances in the production of temperate fruits in the tropics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, n.1, e39549, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v41i1.39549>
- RIZVI, S. A. H.; LING, S.; TIAN, F.; XIE, F.; ZENG, X. Toxicity and enzyme inhibition activities of the essential oil and dominant constituents derived from *Artemisia absinthium* L. against adult Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). **Industrial Crops and Products**, v. 121, p. 468-475, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.031>

- RIZZO, R.; VERDE, G. L.; SINACORI, M.; MAGGI, F.; CAPPELLACCI, L.; PETRELLI, R. et al. Developing green insecticides to manage olive fruit flies? Ingestion toxicity of four essential oils in protein baits on *Bactrocera oleae*. **Industrial Crops and Products**, v. 143, e111884, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111884>
- SAAD, K. A.; ROFF, M. N. M.; IDRIS, A. B. Toxic, repellent, and deterrent effects of citronella essential oil on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on Chili plants. **Journal of Entomological Science**, v. 52, n. 2, p. 119-130, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18474/JES16-32.1>
- SARMA, R.; ADHIKARI, K.; MAHANTA, S.; KHANIKOR, B. Insecticidal activities of *Citrus aurantifolia* essential oil against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Toxicology reports**, v. 6, p. 1091-1096, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2019.10.009>
- SARRIA, A. L.; SOARES, M. S.; MATOS, A. P.; FERNANDES, J. B.; VIEIRA, P. C.; SILVA, M. F. D. G. Effect of triterpenoids and limonoids isolated from *Cabralea canjerana* and *Carapa guianensis* (Meliaceae) against *Spodoptera frugiperda* (JE Smith). **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 66, n. 5-6, p. 245-250, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1515/znc-2011-5-607>
- SCIARRETTA, A.; TABILIO, M. R.; AMORE, A.; COLACCI, M.; MIRANDA, M. Á.; NESTEL, D. et al. Defining and Evaluating a Decision Support System (DSS) for the Precise Pest Management of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata*, at the Farm Level. **Agronomy**, v. 9, n. 10, p. 608, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9100608>
- SEHARI, N. H.; HELLAL, B.; SEHARI, M.; MAATOUG, M. H. Insecticide effect of pennyroyal and rosemary essential oils on the rice weevil. **Ukrainian Journal of Ecology**, v. 8, n. 1, p. 696-702, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.15421/2018_268
- SILVA, D. C.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; BACCI, L.; BLANK, A. F.; FARO, R. R. N.; PINTO, J. A. O.; PEREIRA, K. L. G. Toxicity and behavioral alterations of essential oils of *Eplingiella fruticosa* genotypes and their major compounds to *Acromyrmex balzani*. **Crop protection**, v. 116, p. 181-187, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.11.002>
- SOLEIMANI-AHMADI, M.; GOROUHI, M. A.; AZANI, S. M.; ABADI, Y. S.; PAKSA, A.; RASHID, G.; SANEI-DEHKORDI, A. Larvicidal Effects of essential oil

and methanol extract of *Achillea wilhelmsii* C. Koch (Asteraceae) against *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae), a malaria vector. **Journal of Kerman University of Medical Sciences**, v. 24, n. 1, p. 58-67, 2017.

SUÁREZ, L.; BIANCHERI, M. J. B.; MURÚA, F.; RULL, J.; OVRUSKI, S.; LOS RÍOS, C. et al. An egg-laying device to estimate the induction of sterility in *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) sterile insect technique programmes. **Journal of Applied Entomology**, v. 143, n. 1-2, p. 144-154, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/jen.12570>

TAK, J.; JOVEL, E.; ISMAN, M. B. Contact, fumigant, and cytotoxic activities of thyme and lemongrass essential oils against larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. **Journal of Pest Science**, v. 89, n. 1, p. 183-193, 2016. DOI: [https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10340-015-0655-1](https://doi.org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10340-015-0655-1)

ZORTÉA, T.; BARETTA, D.; VOLPATO, A.; LORENZETTI, W. R.; SEGAT, J. C.; MACCARI, A. P. et al. Repellent effects of andiroba and copaiba oils against *Musca domestica* (common house fly) and ecotoxicological effects on the environment. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 45, n. 1, e8, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-9216.79775>